

## **El uso de un caso de investigación para el estudio de los métodos electrolíticos: Una experiencia en la educación superior**

**Wellington Francisco**

Universidad Federal del Tocantins, [welington@uft.edu.br](mailto:welington@uft.edu.br).

**Resumen:** Utilizando de un caso de investigación como una herramienta metodológica, aplicado en un aula experimental con estudiantes de la Universidad Federal del Tocantins - Brasil, se analizó la capacidad que los estudiantes tienen de englobar en los conceptos científicos adquiridos cuestiones humanistas en la perspectiva freiriana, donde la educación es un proceso humano, más allá de verificar que habilidades cognitivas según el abordaje de Zoller (1993), son desarrolladas durante la resolución del caso. Los resultados mostraron que los estudiantes consiguieron explicar los conceptos involucrados sobre el tema, métodos electrolíticos, proporcionando las condiciones humanas necesarias para el proceso de aprendizaje del aprendiz. Para eso, los estudiantes emplearon habilidades cognitivas de alto orden, como explicar, investigar, concluir, argumentar, tomar decisiones y habilidades cognitivas de bajo orden, tales como describir, enunciar, memorizar y reproducir.

**Palabras claves:** estudio del caso, experimentación investigativa, educación científica humanista, habilidades cognitivas.

The use of a case investigative for studying electrolyte methods: An experience in higher education.

**Abstract:** Using of a case study as a methodology tool, applied in an experimental with students of the University Tocantins, it analysed the capacity of students to encompass in the approach humanistic in scientific concepts worked in the Freire's perspective, where the education is a human process, beyond to assess the development of cognitive skills describes for Zoller (1993) during the case resolution. The results showed that the students were able to explain the concepts involved on electrolytic methods, providing the necessary humans' conditions for learning to trainee. For this, the students employed of the high order cognitive skills, like explain, search, complete, argue and take decision; and low order cognitive skills such as describe, enunciate, memorize and reproduce.

**Keywords:** case study, experimentation, humanistic science education, cognitive skills.

### **Introducción**

En busca de nuevos horizontes para la educación brasileña, Paulo Freire dijo que:

La educación liberadora, problematizadora, ya no puede ser el acto de depositar, de narrar, de transferir o de transmitir "conocimientos" y valores a los educandos, meros pacientes, como lo hace la educación "bancaria", sino ser un acto cognoscente. (Freire, 2011, p. 94).

Así, este acto cognoscente tiene como objetivo desafiar a los estudiantes para una nueva visión del mundo y con el mundo, se los arreglan para auto cambiar y cambiar su propia realidad con un análisis crítico (Freire, 2011). Sin embargo, Freire (2011) señala que el acto cognoscente se puede hacer por medio de la acción dialógica entre educador y educando, a través de problemáticas que permiten una reflexión más profunda, una mayor divulgación de la realidad y una mayor comprensión de la situación existencial, en la cual el estudiante es central.

Además, el movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad también puede proporcionar los posibles autos cambios y el pensamiento crítico. Por lo tanto, Santos (2008) numera que:

La educación científica crítica es hacer un acercamiento con fin de cuestionar los modelos y valores del desarrollo científico y tecnológico de nuestra sociedad. Eso significa no aceptar la tecnología como un conocimiento superior, cuyas decisiones se limitan a los tecnócratas. En cambio, la esperanza es que el ciudadano educado puede participar en las decisiones democráticas sobre la ciencia y la tecnología, cuestionando la ideología dominante del desarrollo tecnológico (Santos, 2008, p. 114).

Esta perspectiva se centra en la propuesta del corriente Ciencia, Tecnología y Sociedad con un énfasis más humanista, recuperándose y haciendo el rescate de la concepción de Paulo Freire en la educación, o sea, que la educación es un proceso humano. En este sentido, autores como Auler (2002), Santos y Mortimer (2000) y Auler y Delizoicov (2006) han estado discutiendo y ampliado el movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad en la perspectiva de Freire. Junto a esto, Santos (2008) señala que esta expansión del movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad busca reducir los extremos entre ricos y pobres en el proceso de globalización actual, facilitando el debate sobre cuestiones relativas a la exclusión tecnológica.

Es en estas intenciones, que el uso de estudios de caso (o casos investigativos) como métodos de aprendizaje puede facilitar el proceso de diálogo entre maestros y alumnos, allá de la educación Ciencia, Tecnología y Sociedad humanista freiriana, permitiendo a los estudiantes ejercieren un análisis crítico sobre una situación y/o exclusión específica. Esto puede ocurrir de forma natural en dos puntos: primero en el maestro, que actúa como un mediador de los estudiantes, orientándolos en la identificación, búsqueda de información sobre las posibles soluciones y fomentando la reflexión sobre las decisiones adoptadas y las posibles consecuencias (Sá y Queiroz, 2009); y segundo en los estudiantes, que salen de la pasividad y de la opresión de las informaciones y empiezan a reflexionar sobre sus propias condiciones sociales y humanas, en función del caso propuesto.

La metodología basada en el estudio de caso ofrece a los estudiantes una independencia de aprendizaje, pues permite explotar el conocimiento científico en ocasiones distintas y complejas. Es un método que surgió del

Aprendizaje Basado en Problemas (Problem Based Learning), originado en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster, Canadá, hace unos 35 años, con el objetivo de mejorar la formación de los profesionales médicos (Barrows, 1986). Se trataba de una metodología que permitía a los estudiantes de medicina un contacto directo con los problemas reales, antes de llegar a los últimos semestres del curso. El método se extendió rápidamente por las facultades de medicina de diversos países y luego atingió los cursos de los derechos, la administración, la psicología y últimamente, en las ciencias exactas (Herreid, 1998). Para la producción de los casos, una historia es contada en la forma de una narración, incluyendo personajes que viven un dilema a resolverse. Para resolver ese dilema, los estudiantes terminan interactuando y familiarizándose con la historia y con los personajes, lo que obliga a tomar ciertas decisiones para resolver los problemas experimentados (Sá, Francisco y Queiroz, 2007).

Herreid (1998) apunta cómo los buenos casos, los que tienen las siguientes características: (i) narran una historia, (ii) presentan diálogo entre los personajes, (iii) tienen una extensión que no aburre al lector, (iv) despiertan el interés en los dilemas, (v) ganan al lector por los personajes, (vi) son de interés para el lector, (vii) causan un conflicto y obligan a una toma de decisiones para resolverlo, (viii) tienen un papel pedagógico y (ix) llevan a generalizaciones. Todas estas características tienen la capacidad de involucrar a los estudiantes como si fueran parte de la historia, animándoles a resolver el caso con la búsqueda de mayor cantidad de información.

Los estudios realizados por Sá y Queiroz (2009) señalan varios usos de los estudios de casos en la enseñanza de la química, incluyendo: la introducción de algún contenido del curso, el desarrollo de la capacidad de tomar decisiones, las diferentes aplicaciones de la química, el estímulo al debate y la comunicación oral, el trabajo en grupo y el desarrollo del pensamiento crítico.

Sá (2010), utilizando de la producción y de la aplicación de estudios de casos para promover la argumentación socio-científica a los estudiantes de educación superior en química, verificó dos aspectos interesantes: (1) que los casos pueden dividirse en tres áreas: *los casos estructurados* – indican claramente el problema que enfrentan los personajes y puede tener múltiples soluciones; *los casos mal estructurados* – no definen el dilema vivido abiertamente, dejando la tarea de identificación y resolución para los estudiantes; *los casos de varios problemas* – pueden presentar muchos problemas durante la historia para llegar a la solución; y (2) que los argumentos de los estudiantes se gradúan en los discursos propios del profesor y no presentan discusiones reflexivas acerca de los problemas socio-científicos, pero cuando los estudiantes son informados sobre las características de la argumentación, los resultados son más prometedores y complejo del punto de vista estructural.

En un estudio de caso sobre la contaminación del agua desarrollada con estudiantes de la escuela secundaria, Silva, Oliveira y Queiroz (2011) informaran que para la búsqueda de soluciones para el caso, los estudiantes utilizaran la investigación de diversas formas de contaminación del agua para analizar los datos. Además, los alumnos presentaran excelentes

tomas de decisiones y soluciones que reforzaran la reflexión crítica sobre aspectos sociales, científicos y medioambientales.

La resolución de los casos puede ser hecha de diversas maneras como: por medio de registros de investigación e información necesarias; utilizando las relaciones entre los conocimientos científicos, sociales, humanísticos, medioambientales, políticos, etc; y en forma de experimental (un ensayo de investigación). En este último caso, el profesor puede utilizar el estudio de caso (o una situación problemática), de modo que los estudiantes desarrollen habilidades de investigación, manipulación y comunicación de los datos (Pro, 1998). Por otra parte, la investigación proporciona una enseñanza para la realización de pequeñas investigaciones, junto con los conceptos científicos involucrados, los procedimientos y acciones a ser tomadas por los estudiantes (Pozo, 1998).

Las prácticas de laboratorio por investigación se aproximan a la metodología de los estudios de caso. De acuerdo con Hofstein y Lunetta (2003), en una revisión de la literatura relativa a las actividades de laboratorio, el método de investigación implica cuestiones de planificación, montajes experimentales, de recopilación e interpretación de datos y de comunicación o de presentación de los resultados. Estas habilidades y capacidades hacen que los estudiantes salgan de meros receptores pasivos y ejecutores de instrucciones prontas. Esto, junto con la capacidad de toma de decisiones y la relación con los aspectos sociales, ambientales y humanistas, llevan a un mejor aprendizaje por parte de los alumnos.

Zoller (1993) afirma que el tipo de situación influye en la manifestación de habilidades cognitivas y las caracterizan en dos niveles básicos: habilidades cognitivas de bajo orden (LOCS), por ejemplo, conocer/recordar la información o aplicar los conocimientos o algoritmos almacenados en situaciones familiares y habilidades cognitivas de alto orden (HOCS) como investigar, analizar y resolver problemas, tomar decisiones, pensar críticamente, evaluar diferenciadas situaciones, formular hipótesis.

Tal clasificación surgió de muchos estudios que hacían con que los estudiantes participaban activamente en las actividades en clase de variadas maneras. Algunas de ellas eran:

Formulación de preguntas y respuestas, debatiéndolas después en equipo en las clases (Zoller, 1983);

Incentivando el cuestionamiento y el dialogo entre los estudiantes y entre los estudiantes y los maestros (Zoller, 1987);

Trabajando con actividades individualizadas para cada estudiante conforme sus necesidades (Zoller, 1990).

Con esto, Zoller (1993) apuntó que solamente con actividades donde el proceso de aprendizaje es construido en conjunto y no depositado en las cabezas de los educandos, es posible favorecer el desarrollo de las habilidades cognitivas de alto orden. Si los maestros continuaren a desarrollar metodologías tradicionales, los estudiantes continuarán a manifestar solamente habilidades cognitivas de bajo orden.

Además, los estudios de caso ayudan a los estudiantes a desarrollar variadas habilidades cognitivas durante la resolución del caso. Suart y

Marcondes (2009), utilizando la experimentación investigativa, observaron que los estudiantes manifiestan tanto habilidades cognitivas de alto orden, como habilidades cognitivas de bajo orden. El mismo resultado fue mirado por Francisco y Francisco Junior (2011), cuando utilizaron de actividades experimentales de investigación a través de videos y el uso de la lectura, para verificar el proceso de aprendizaje por medio del desarrollo de habilidades cognitivas.

Utilizando de esas ideas, ese trabajo tuvo como objetivo analizar la influencia de un estudio de caso por medio de actividades experimentales de investigación en el aprendizaje de estudiantes de un curso superior y verificar cuales las habilidades cognitivas son desarrolladas por los estudiantes al resolverlo. Además, averiguó como las resoluciones estaban relacionadas con cuestiones involucradas en la propuesta de la enseñanza CTS humanista.

## **Metodología**

### *La pesquisa-intervención como un guía de la investigación*

La pesquisa-intervención hace parte de las pesquisas participativas y tiene como función investigar las acciones colectivas y como estas acciones se relacionan con las diversidades cualitativas de cada individuo. En esta perspectiva, la intervención que puede ser hecha de variadas formas asume un carácter socioanalítico (Rocha, 2006), donde se encuentra con la enseñanza humanista que Paulo Freire defiende.

Rocha y Aguiar (2003) argumentan que:

En la pesquisa-intervención, la relación entre el profesor-investigador/objeto investigado es dinámico y determinará los propios caminos del estudio, siendo una producción del grupo en cuestión. La investigación es, pues, la acción, la construcción, el cambio colectivo, el análisis de las fuerzas socio-históricas y políticas que actúan en sus propias situaciones y consecuencias, incluyendo el análisis de referencia. Es un modo de intervención, ya que reduce en las tareas cotidianas de su funcionalidad y de su pragmático - variables esenciales para el mantenimiento del campo de trabajo que se configura como eficiente y productivo en el paradigma del mundo moderno (Rocha y Aguiar, 2003, p. 72).

En esa línea, la intervención se articula a la investigación con el objetivo de reformular los conocimientos adquiridos, sea por medio de la dualidad teoría/práctica o la relación sujeto/objeto. Esta reformulación debe ser mediada por conflictos y divergencias entre estudiantes y maestro, entre estudiantes y la actividad y entre estudiantes, maestro y actividad, para permitir cambios y ajustes en la formación de los sujetos.

Basados en la perspectiva de la pesquisa-intervención es que la actividad fue planeada y desarrollada. Como un modo de investigación, utilizó la metodología de estudio de caso, donde los estudiantes tuvieron que presentar una resolución fundada en los conceptos químicos trabajados en la actividad experimental. Las intervenciones ocurrieron mediante debates e discusiones durante la actividad y posterior la actividad, con el intento de propiciar una interacción más sólida entre profesor y objeto investigado,

promoviendo la reformulación de la lectura inicial de los conocimientos desarrollados por los estudiantes.

#### *El desarrollo de la actividad*

La actividad se desarrolló en una clase de prácticas de laboratorio de la disciplina Fundamentos de Química Analítica II, con los estudiantes del quinto período del curso de la Ingeniería de Bioprocesos y Biotecnología, de la Universidad Federal de Tocantins - Brasil, en el Campus de Gurupi. Los participantes fueron divididos en dos grupos: un con once alumnos y el otro con nueve, totalizando veinte alumnos. En un primer horario fue formado dos grupos, siendo uno con seis personas y el otro con cinco. Para la segunda clase también se formó dos grupos, pero el primero con cuatro alumnos y el segundo grupo con cinco estudiantes. Las clases tuvieron duración de dos horas y el tema trabajado fue los métodos electrolíticos.

Para la actividad fue desarrollado un estudio de caso (Figura 1), que se refiere a los conceptos de la electroquímica, específicamente, las reacciones electrolíticas. Es saludable que, a pesar del caso presentar muchas características de un buen caso, él es un poco carente en relación a los aspectos sociocientíficos y el abordaje CTS. Sin embargo, para la solución del caso, los estudiantes hubo que utilizar de la experimentación. Esta actividad tuvo un carácter de investigación no habiendo pasado ningún procedimiento ayer. Los estudiantes recibieron el caso, que fue leído en voz alta por el profesor y abierto a los debates previos para sanar algunas dudas. Resaltó que para la preparación de los informes, los estudiantes deberían presentar una solución o soluciones para el caso propuesto y que no tenía ninguna restricción en el modelo y/o la estructura del informe. Todavía, fue alertado que todas las evidencias macroscópicas observadas en el experimento durante la clase, los estudiantes deberían explicar los conceptos químicos involucrados.

La actividad experimental implicó el uso de métodos electrolíticos para promover la purificación de agua contaminada por colorantes y compuestos orgánicos. Se realizaron dos experimentos en micro celdas, utilizando materiales alternativos, tales como jeringas y clips, así como soluciones que simulaban la contaminación por colorantes (indicador azul de timol) y los compuestos orgánicos (ácido acético). Los estudiantes montaron las celdas electrolíticas, hicieron las conexiones eléctricas adecuadas para cada reacción y condujeron a cabo los experimentos. Por último, los datos fueron recogidos y los alumnos preguntaron acerca de algunos resultados, a fin de elaborar los informes.

Cuatro informes sobre la actividad experimental fueron entregados por los estudiantes, constituyendo la forma de recoger los datos. Cada informe presentaba una breve introducción sobre los métodos electrolíticos y algunas aplicaciones en el tratamiento del agua. Poseían también la descripción de los procedimientos experimentales desarrollados por los estudiantes y las explicaciones de los conceptos químicos involucrados sobre el asunto. Dos de los informes (Grupo 2 y 4) presentaban subdivisiones para cada experimento y sus respectivos procedimientos y discusión, todavía, los informes del grupo 1 y 3 no habían ninguna división, siendo un texto continuo hasta el fin.

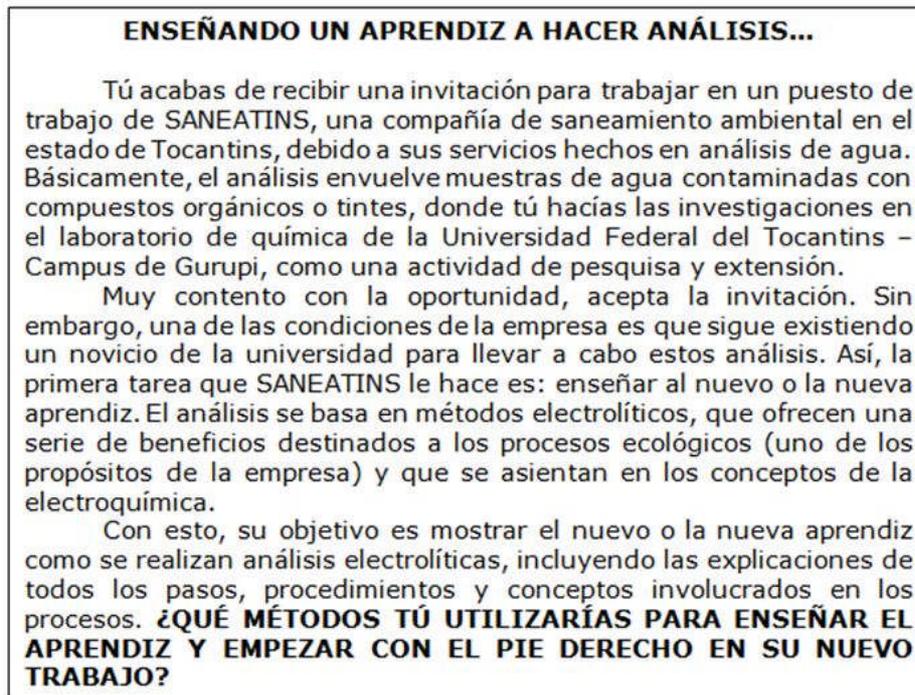


Figura 1. El caso presentado para los estudiantes en la práctica de laboratorio sobre los métodos electrolíticos – reacciones que utilizan la corriente eléctrica.

Todos los informes fueron leídos en la íntegra y el análisis fue direccionada en dos aspectos: (1) en el planteamiento CTS humanista (Santos, 2008), en la perspectiva de Paulo Freire – donde la educación es un proceso humano y que se basa en la transmisión y producción de valores; (2) en el desarrollo de las habilidades cognitivas durante la preparación de los informes, descritas por Zoller (1993).

En relación el abordaje CTS humanista se verificó como los estudiantes fueron capaces de involucrar a los conceptos científicos de los métodos electrolíticos con las condiciones humanas. Cuando se habla sobre las condiciones humanas, buscarse relacionar el papel de la educación, por medio del proceso de aprendizaje de los conceptos científicos, con la capacidad de permitir la modificación del contexto sociopolítico de las personas. Instruido en el problema del estudio de caso presentado en la Figura 1 (¿Qué métodos tú utilizarías para enseñar a el aprendiz y empezar con el pie derecho en su nuevo trabajo?), el análisis se apoyó en el abordaje que los estudiantes utilizaron para escribir los informes direccionando el lenguaje, los procedimientos y la explicación de los conceptos a lo aprendiz. Solamente así es que el enfoque CTS humanista puede propiciar el cambio del contexto en las personas.

Para verificar el desarrollo de las habilidades cognitivas por los estudiantes, se analizó tres partes durante la lectura de los reportes:

(a) *Presentación de la técnica electrolítica y descripción de los procedimientos experimentales* – que consiste en como los estudiantes presentaron la técnica para el aprendiz (se solamente explicaran o se utilizaran ejemplos e importancia de forma contextualizada); y como fue hecha la explicación de los procedimientos utilizados (se solamente

describieran las etapas o se a cada etapa fue hecha una explicación para facilitar al aprendiz);

(b) *Explicación de los conceptos involucrados en la actividad* – este ítem relacionase con algún equívoco conceptual, con los empleos de las ecuaciones químicas adecuadas y la capacidad de atañer a los niveles macroscópico/submicroscópico/simbólico y;

(c) *Conclusiones de los resultados* – concierne con los posibles direccionamientos de los resultados, o sea, se preocuparon con el aprendizaje del aprendiz o no se preocuparon y se los estudiantes apuntaron la importancia de los métodos electrolíticos para el tratamiento del agua.

### **Resultados e discusión**

Conforme clasificación de Sá (2010), el caso utilizado en la actividad experimental es del tipo caso estructurado, ya que muestra explícitamente el problema a resolverse. Sin embargo, bajo el enfoque experimental por investigación, el caso puede ser considerado también como un caso de varios problemas. Esta reclasificación se justifica por las tareas y procedimientos que los alumnos tuvieron que desarrollar durante la actividad experimental, para lograr resultados que permitían la resolución del caso. Sin los datos experimentales, la resolución del caso se vería comprometida y superficial.

Para el análisis de los datos, he hecho la lectura en la íntegra de todos los reportes, extrayendo informaciones y fragmentos de los propios para hacer el análisis de los resultados y la discusión. Como descrito en la metodología, he considerado dos puntos de análisis: en un primer momento la idea fue verificar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, juntamente con el abordaje CTS humanista; en segundo momento consideré la manifestación de las habilidades cognitivas por los estudiantes. A continuación, son presentadas cada uno de esos aspectos.

#### *Evaluando el proceso de aprendizaje y la contribución CTS humanista*

Como el problema del caso era enseñar un aprendiz de la universidad hacer análisis a cerca de la purificación del agua utilizando los métodos electrolíticos, los estudiantes al desarrollar los informes deberían explicar todos los conceptos químicos involucrados al tema, así como direccionar al aprendiz estas explicaciones, allá de detallar los procedimientos experimentales.

Es importante destacar de antemano que el grupo 4 no hizo ninguna dirección a lo aprendiz en todo el informe y solamente, he hecho una mención de la formación del principiante en el medio del informe. El siguiente fragmento ilustra esa pequeña alusión:

[1] "En base a estos conceptos se han seleccionado para la formación de un aprendiz, encargado de analizar muestras de agua contaminadas por colorantes o compuestos orgánicos (...)" (Grupo 4).

Hacer solamente esta mención durante todo el informe demuestra que el proceso de aprendizaje direccionado a las necesidades humanas no fue hecho. La Tabla 1, a continuación, explicita los resultados presentados por

todos los grupos, después de la lectura de los informes y análisis. Pódesse observar muchas evidencias del proceso de aprendizaje de los alumnos, así como puntos que demuestran la característica del abordaje CTS humanista.

	<b>Proceso de aprendizaje</b>	<b>Contribución CTS humanista</b>
<b>Grupo 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicó correctamente el significado de procesos electrolíticos.</li> <li>2. Explicó correctamente el significado de electrólisis.</li> <li>3. Explicó los procedimientos, reactivos utilizados y montajes del sistema electrolítico.</li> <li>4. Presentó fotos de los montajes del sistema electrolítico.</li> <li>5. Presentó las evidencias macroscópicas y algunas ecuaciones químicas correctas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Direccionó desde el inicio toda la explicación para el aprendiz.</li> <li>2. Creó un nombre para el aprendiz.</li> <li>3. Indicó los beneficios y maleficios de los métodos electrolíticos.</li> <li>4. Hizo contextualización del tema.</li> <li>5. Concluyó los resultados indicando al aprendiz.</li> </ol>
<b>Grupo 2</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicó correctamente el significado de procesos electrolíticos.</li> <li>2. Explicó correctamente el significado de electrólisis.</li> <li>3. Explicó los procedimientos, reactivos utilizados y montajes del sistema electrolítico.</li> <li>4. Presentó las evidencias macroscópicas y algunas ecuaciones químicas correctas.</li> <li>5. Discutió la eficiencia entre los dos métodos directo e indirecto.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Direccionó toda la explicación para el aprendiz.</li> <li>2. Indicó los beneficios y maleficios de los métodos electrolíticos.</li> <li>3. Hizo contextualización del tema.</li> <li>4. Concluyó los resultados indicando al aprendiz.</li> </ol>
<b>Grupo 3</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicó correctamente el significado de procesos electrolíticos.</li> <li>2. Explicó los procedimientos, reactivos utilizados y montajes del sistema electrolítico.</li> <li>3. Presentó las evidencias macroscópicas y algunas ecuaciones químicas correctas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Direccionó desde el inicio toda la explicación para el aprendiz.</li> <li>2. Concluyó los resultados indicando al aprendiz.</li> </ol>
<b>Grupo 4</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicó correctamente el significado de procesos electrolíticos.</li> <li>2. Explicó los procedimientos, reactivos utilizados y montajes del sistema electrolítico.</li> <li>3. Presentó las evidencias macroscópicas y algunas ecuaciones químicas correctas.</li> </ol>	

Tabla 1. Comparación entre los resultados de los informes de cada grupo en relación al proceso de aprendizaje y contribución CTS humanista.

Aún durante la lectura del informe del grupo 4, observó que no hay ninguna orientación o direccionamiento al aprendiz a lo largo del reporte,

sino un lenguaje técnico-científico muy adecuado. Esto demuestra que la resolución del caso no se hizo, ya que la solución debería centrarse en cómo enseñar al novicio. Estos resultados indican que los estudiantes estaban más interesados en escribir un informe científico estándar y no concretan en la resolución del caso en sí. Este enfoque deja el ámbito de la educación científica humanista, porque sólo se centra en el conocimiento científico sino destacar el valor de las personas y sus condiciones existenciales para la determinada tarea o trabajo.

Sin embargo, el proceso de aprendizaje de los estudiantes (grupo 4) se pudo comprobar durante el análisis total del informe, debido a la capacidad que los estudiantes tuvieron para explicar el tratamiento de los aguas realizado, utilizando los términos, conceptos y símbolos (las ecuaciones químicas) del asunto electrólisis. Los siguientes extractos ilustran como se dio el proceso de aprendizaje:

[2] "Los procesos electrolíticos consisten básicamente en la aplicación de la energía eléctrica en electrodos separados, dispuestos en paralelo que se sumergió en la solución a tratar, a fin de mejorar su calidad desde el punto de vista de la salud como del medio ambiente" (Grupo 3 e 4).

[3] "En la solución se añadió sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), que funcionó como el electrólito o "portador de electrones" liberando iones, que actúa como conductor de la electricidad." (Grupo 4).

[4] "Un de los electrodos de hierro (clip) se utilizó para proporcionar a los iones metálicos para la formación de hidróxido de hierro (II o III), poco soluble, que en sí tiene la capacidad de absorber el colorante en la solución". (Grupo 4).

Observándose los extractos del informe, se nota que los estudiantes explicaron muy bien las evidencias experimentales que fueron observadas durante la clase práctica. Este resultado muestra que los estudiantes investigaron y buscaron las informaciones y los conceptos para explicar los cambios macroscópicos obtenidos. Sin embargo, se observa en [3] el término "portador de electrones" que es inapropiado para un lenguaje científico y no habría necesidad insertarlo, porque el concepto dentro del vocablo electrolito es auto-suficiente para exponer la conducción de la electricidad.

Desemajante, en los otros tres informes los grupos direccionaran todas las explicaciones de los conceptos y todo el procedimiento hecho para el aprendiz de la universidad. El informe de los grupos 1 y 3, la primera frase se inició con la palabra aprendiz, mientras que el segundo grupo hizo un poco de contexto para, a continuación, hacer el direccionamiento y las explicaciones para el alumno. Los siguientes ejemplos lo demuestran:

[5] "Buenos días, Juan Pablo, bienvenido! Soy la Ingeniera de Biotecnología, que le guiará en las técnicas y tecnologías se adoptan en la empresa." (Grupo 1).

[6] "Aprendiz, dentro de este contexto la propuesta de trabajo de hoy será la de realizar análisis basados en los métodos electro analíticos para la recuperación de agua contaminada." (Grupo 2).

[7] "Aprendiz, antes de empezar a hacer el análisis de agua contaminada, es importante que usted sepa qué técnica se utiliza, los conceptos de electroquímica, el análisis electroquímicos, los pasos y procedimientos que intervienen en los procesos." (Grupo 3).

Es importante destacar que sólo los grupos 1 y 3 se direccionaron prontamente a lo aprendiz al comienzo del texto. Este contacto inmediato y desde el principio demuestra la preocupación de los estudiantes con el principiante, a sabiendas de que es substancial que el novicio aprende bien los análisis y que este aprendizaje está relacionado con su actividad como el primer empleado de la nueva empresa. Por otra parte, la evidencia más importante es focalizar la enseñanza a las personas (en el caso el aprendiz) y tratar el proceso de aprendizaje como un deber, haciendo hincapié en la condición humana hacia el conocimiento científico y señalando que "no hay educación fuera de la sociedad humana y que la misma debe ser tratada a la condición humana" (Santos, 2008, p. 114).

El grupo 2 mencionó el aprendiz sólo después de presentar y discutir los conceptos relacionados a los métodos electroquímicos que se utilizarían para purificar el agua. Vale la pena explorar aquí que es fundamental discutir los conceptos científicos para "enseñar" el aprendiz y que una buena explicación hace parte del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Haciendo un debate sobre los conceptos de la ciencia (química) antes, la resolución del caso queda un poco descaracterizada en relación al enfoque humanista a la educación, pues demuestra que el conocimiento científico está adelante de la condición humana. Es esencial que los conocimientos científicos estén inseridos en el desarrollo de hombres y mujeres, evitando la exclusión del mundo globalizado y tecnócrata.

Lo que hizo el grupo 1, utilizando un nombre ficticio para el aprendiz sigue totalmente la idea de que la educación es siempre un proceso humano (Freire, 2011). El diálogo con otra persona por el nombre indica que esta interacción es que proporcionará el conocimiento de forma más agradable y efectiva, más allá de la "educación bancaria" que llamó Paulo Freire (Freire, 2011). "En el proceso dialógico, los sujetos están en cooperación para transformar el mundo" (Santos, 2008, p. 115). Este mundo no es más que permitir el desarrollo de las habilidades y competencias necesarias en el aprendiz, para que él pueda después aplicar las técnicas de purificación de agua solamente.

A lo largo de los informes, los grupos 1, 2 y 3 siguen ilustrando y dirigiendo al aprendiz todos los procedimientos adoptados, así como los cambios macroscópicos que ocurren y las conclusiones posibles. Todos estos pasos fueron realizados y mirados por los estudiantes durante la actividad experimental en el laboratorio. Esta preocupación en alertar al alumno en todo momento posiblemente está relacionada con las observaciones hechas en la experimentación por investigación. Dado que no hizo una discusión previa con los alumnos sobre los conceptos y los procedimientos para la práctica, los estudiantes atendieron mucho en los resultados y los cambios submicroscópicos que ocurrieron. Por otra parte, todo el tiempo los estudiantes cuestionaron las observaciones fenomenológicas, mostrando interés y curiosidad en las explicaciones. Todas las "advertencias" y explicaciones hechas por los estudiantes hacia el aprendiz muestra la

importancia en los valores humanos, sin oprimirlos durante el conocimiento científico y en el desarrollo del aprendizaje.

A continuación, están los trechos que demuestran las afirmaciones supra citadas:

[8] "Así Juan Pablo, se puede considerar que el color de la solución se cambia, de rosa para azul, haciendo el medio básico, debido a un pH alto, y por lo tanto, ocurre la eliminación del colorante del agua, que es absorbido por el hidróxido de hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) haciendo que el agua quede pura." (Grupo 1).

[9] "Aprendiz, como se puede mirar, nuestro objetivo se logró, porque al final tuvimos un agua limpia, libre de colorantes, por lo tanto, se concluye que el método es eficaz, de fácil procedimiento y de bajo costo." (Grupo 2).

[10] "Aprendiz, al conectar la fuente de energía tú observarás los siguientes datos: 1) Formación de burbujas cercano del electrodo, debido a la oxidación del hierro, al pasar de  $\text{Fe}^0$  a  $\text{Fe}^{2+}$  y la reducción que se produce es la reducción de agua (...), 2) se observa que el hidróxido ferroso  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  comienza a asentarse formando un color azul, insoluble en  $\text{H}_2\text{O}$ ." (Grupo 3).

Se observa en los apartados anteriores que el lenguaje científico utilizada por los estudiantes es muy buena y apropiada en termos técnico-científicos. Además, las explicaciones hechas por los estudiantes son adecuadas y correctas en los conceptos químicos involucrados, lo que demuestra que la resolución del caso a través del ensayo de investigación propició los conocimientos químicos necesarios para los métodos electrolíticos trabajados.

Una atención especial fue dada a las explicaciones de los conceptos químicos. Se observó que los estudiantes buscaron al detalle las explicaciones, incluyendo ejemplos para mostrar la importancia y la aplicabilidad de las técnicas electrolíticas. Los siguientes extractos demuestran tal abordaje:

[11] "Para iniciar el proceso que tenemos aquí, dos muestras de agua contaminada, siendo una con compuestos orgánicos y otra con colorantes serán tratadas (...) Este colorante es compuesto de un electrolito inerte, una sustancia que cuando se disocia o se ioniza, genera iones positivos y iones negativos mediante la adición de un disolvente o calor, convirtiéndose en un conductor eléctrico, pero no reacciona con la solución, sirviendo apenas para minimizar el fenómeno de la migración de iones electroactivos, causadas por el campo eléctrico." (Grupo 1).

[12] "Aprendiz, el segundo análisis es un método indirecto, que son aquellos que no actúan directa y exclusivamente en la solución para llegar a ser pura, después del análisis." (Grupo 2).

[13] "El tratamiento electrolítico se puede utilizar en cualquier fuente, o para desinfectar o para la transformación de las sustancias contaminantes. Asociado al tratamiento foto-químico, utilizando la radiación ultravioleta, el sistema electrolítico fue efectivo en la

degradación del colorante que se encuentra en el agua descartadas por las industrias, tales como las textiles." (Grupo 3).

Es posible notar que los estudiantes tienen una gran preocupación en detallar minuciosamente los conceptos químicos y las diferentes aplicaciones de las técnicas electrolíticas. Cabe señalar que existe una cierta confusión en ciertos conceptos, por ejemplo, la explicación de electrolito inerte y algunos términos incorrectos e incoherentes (el colorante no es compuesto de un electrolito inerte, pero sí, la solución que está el colorante). Todavía, en el análisis de los fragmentos es posible verificar que el proceso de aprendizaje a través de la resolución del caso fue eficiente y prometedor en otras actividades. Por lo tanto, este enfoque propuesto por los estudiantes va más allá del conocimiento científico y tecnológico que el estudiante debe tener para realizar las tareas, porque incluye también el enfoque humanista. Así, el aprendiz será capaz de analizar todas las posibilidades de estos conceptos y buscar mejoras en la investigación futura. El apoyo mostrado por los estudiantes en el informe evidencia el comportamiento futuro y el compromiso del novicio en la empresa y en términos de aprendizaje, hace hincapié en diferentes habilidades y competencias adquiridas por los estudiantes durante la preparación de informes.

En relación a las conclusiones posibles para el aprendiz, y de acuerdo con los resultados experimentales de las investigaciones, los grupos 2 y 3 se ocupan de dar un "apoyo moral" y buena suerte para el aprendiz en ulteriores análisis. Estas declaraciones resaltan la educación científica humanística, pues allá de permitir una discusión acerca de los conceptos químicos involucrados en la actividad y una enseñanza de las técnicas apropiadas para el análisis, los estudiantes se demostraron nostálgicos y esperanzados sobre el futuro del aprendiz. Esto demuestra la llamada educación liberadora (Freire, 2011), debido a que los estudiantes creen que el aprendiz sea capaz de desarrollar actividades por cuenta propia y ser capaz de tomar sus decisiones en cualquier momento.

[14] "Aprendiz, espero que hayas aprendido lo suficiente para ser capaz de realizar el análisis más detallado solamente, pero si acaso tener dudas, puedes seguir el guión de los materiales utilizados y los procedimientos presentados hoy, que te será muy exitoso. ¡BUENA SUERTE!" (Grupo 3).

[15] "Aprendiz, mostramos que el experimento fue satisfactorio y eficaz, porque el propósito de los análisis se han conseguido con éxito. Ahora espero que tú desempeñes un gran papel en la empresa y sigas cuidadosamente las instrucciones para su éxito en los siguientes análisis." (Grupo 2).

Allá de la contribución humanista, es pertinente hablar que la resolución del caso hizo con que los estudiantes contextualizasen los conceptos científicos en diferentes medios. Como indicado en la Tabla 1, solamente los grupos 1 y 2 utilizaran el abordaje CTS. Quizá estos resultados están relacionados con la carencia del caso en los aspectos sociocientíficos presentes en el texto. Sin embargo, vale destacar la utilización y las diferentes formas que los dos grupos trabajaron tal abordaje. Por ejemplo, el grupo 1 evidenció la utilización de los métodos electrolíticos con el

medioambiente, sobre todo, la importancia que las industrias deben tener con los procesos verdes o más limpios. El grupo 2 también relacionó los métodos electrolíticos con las industrias, pero siguió para cuestiones de costo-beneficio cuando comparado con los tratamientos convencionales. Los fragmentos [16] y [17] expresan estas ideas, respectivamente:

[16] "Los análisis basados en los métodos electrolíticos ofrecen numerosas ventajas relacionados a los procesos verdes, que es muy apreciado por las empresas con el fin de desarrollar productos y procesos químicos, visando la reducción o la eliminación de sustancias peligrosas." (Grupo 1).

[17] "Procesos de tratamiento de agua convencional necesitan de grandes áreas de instalación y elevados costos para su aplicación. Por lo tanto, los investigadores han desarrollado métodos y técnicas alternativas, tales como el tratamiento electrolítico, que utiliza electricidad para separar elementos químicos del agua." (Grupo 2).

Observase los dos fragmentos es posible verificar que los grupos están preocupados con la polución del medioambiente y con sus consecuencias. Además, los estudiantes creen que los métodos electrolíticos sean una alternativa viable, pues es un proceso más selectivo y que no depende de altos costos. Tales afirmaciones convergen para otra cuestión muy importante en el corriente CTS: la capacidad de toma de decisiones con el objetivo de educar ciudadanos.

Chassot (2000) afirma que la alfabetización científica solamente es válida cuando los dominios de los conocimientos científicos y tecnológicos proporcionan un determinado desarrollo en la vida cotidiana de los ciudadanos. Santos (2007) complementa esas ideas, afirmando que a alfabetización científica de las personas debe ir allá de las lecturas científicas y tecnológicas, pero sí, considerar también otros aspectos como los ambientales, sociales, políticos y étnicos que están involucrados en el tema, siempre con el objetivo de forzar los ciudadanos a tomar decisiones.

#### *Analizando la manifestación de las habilidades cognitivas*

Se verificó que la actividad permitió el desarrollo de habilidades cognitivas. Ese examen fue hecho principalmente en tres ocasiones en los informes: (a) Presentación de la técnica utilizada y la descripción de los procedimientos experimentales; (b) Explicación de los conceptos químicos involucrados basados en las evidencias experimentales, y (c) Conclusión de las directrices para el aprendiz. En las situaciones (a) y (c) prevalecen el desarrollo de habilidades cognitivas de bajo orden (LOCS), mientras que en (b) representan la expresión de habilidades cognitivas de alto orden (HOCS) (Zoller, 1993). Sin embargo, en ciertos casos aparecen indicaciones de mezclas de habilidades cognitivas de alto y bajo orden.

La Tabla 2 presenta las principales habilidades cognitivas de alto y bajo orden que fueron desarrolladas por cada grupo, en las tres categorías seleccionadas para análisis.

Los cuatro trechos siguientes están relacionados con la categoría (a). Los fragmentos indican desde el significado de la técnica hasta la descripción de los procedimientos experimentales realizados durante la clase:

[1] "Los procesos electrolíticos consisten básicamente en la aplicación de la energía eléctrica en electrodos separados, dispuestos en paralelo que se sumergió en la solución a tratar, a fin de mejorar su calidad desde el punto de vista de la salud como del medio ambiente" (Grupo 3 e 4).

	<b>Categoría (a)</b>	<b>Categoría (b)</b>	<b>Categoría (c)</b>
<b>Grupo 1</b>	HOCS: pensar críticamente, investigar y aplicar los conocimientos. LOCS: describir y conocer/recordar conceptos	HOCS: reflejar, analizar, investigar, argumentar, pensar críticamente y explicar. LOCS: comparar, correlacionar y enunciar.	HOCS: concluir, tomar decisiones, pensar críticamente y hacer juicios de valor. LOCS: recordar y repetir conceptos.
<b>Grupo 2</b>	HOCS: explicar, reflejar e investigar. LOCS: describir y conocer/recordar conceptos.	HOCS: reflejar, analizar, investigar, argumentar, pensar críticamente y explicar. LOCS: comparar, correlacionar y enunciar.	HOCS: concluir y tomar decisiones. LOCS: recordar y repetir conceptos.
<b>Grupo 3</b>	HOCS: no LOCS: describir y conocer/recordar conceptos.	HOCS: reflejar, analizar, investigar, argumentar, pensar críticamente y explicar. LOCS: comparar, correlacionar y enunciar.	HOCS: concluir y tomar decisiones. LOCS: recordar y repetir conceptos.
<b>Grupo 4</b>	HOCS: explicar e inferir. LOCS: describir y conocer/recordar conceptos.	HOCS: reflejar, analizar, investigar, argumentar, pensar críticamente y explicar. LOCS: comparar, correlacionar y enunciar.	HOCS: concluir y tomar decisiones. LOCS: recordar y repetir conceptos.

Tabla 2. Principales HOCS y LOCS desarrolladas por los estudiantes durante la resolución del caso.

[2] "La celda se construye como sigue: fijase la jeringa en el erlenmeyer que sirve como un soporte y luego se fija los dos clips que son los electrodos de hierro y sella la celda con una película de plástico" (Grupo 3).

[3] "Un de los tratamientos del agua que existente, hay el electrolítico, que es constituido de una celda electrolítica a donde se hace pasar una corriente eléctrica continua o alternada a través de electrodos en la solución de tratamiento, que se denomina solución electrolítica" (Grupo 1).

[4] "En primer lugar, la jeringa es fijada en el erlenmeyer que sirve como soporte, después, colocase el electrólito inerte ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) en la

jeringa, este electrolito inerte no sufre desgaste por la corriente eléctrica, a continuación, se añade el simulador del colorante hasta cubrir los electrodos de hierro y, finalmente, se conecta la fuente a los electrodos, donde uno es rojo y el otro es negro" (Grupo 2).

A pesar de la escrita requerir un mayor esfuerzo cognitivo (Rivard y Straw, 2000), se observa que los estudiantes no se preocuparon en establecer relaciones causales en [2] y [3], eligiendo solamente describir los procedimientos y las técnicas empleadas. Habilidades como describir, conocer y/o recordar ciertas informaciones/conceptos se caracterizan por ser de bajo orden. Todavía, se puede ver en el fragmento [4] una tentativa, aunque conceptualmente simple, de presentar explicaciones e investigaciones al respecto del empleo de electrolitos inertes en la electrólisis. Para el trecho [1], el grupo demuestra una manifestación del pensamiento crítico, contextual y aplicado cuando se explora la importancia de la técnica desde el punto de vista de la salud y del medioambiente. Ambas habilidades son clasificadas como de alto orden y requiere un conocimiento adicional, aplicable, allá de involucrar a los juicios de valor y la capacidad interdisciplinaria para interpretar situaciones (Zoller, 1993).

Aún en las ideas de Zoller (1993), la enseñanza de la química (y la ciencia) es contemporánea. Por lo tanto, el desarrollo de HOCS por los estudiantes alrededor de un concepto en particular debe prevalecer en relación a las LOCS, porque sólo así los estudiantes manifestarán un pensamiento evaluativo y crítico, influyendo en la resolución de problemas y toma de decisiones. Siguiendo este sentido, se encuentran los fragmentos relacionados con la explicación de los conceptos químicos implicados en los métodos electrolíticos (b):

[5] "Así Juan Pablo, se puede considerar que el color de la solución se cambia, rosa para azul, haciendo el medio básico, debido a un pH alto, y por lo tanto, ocurre la eliminación del colorante del agua, que es absorbido por el hidróxido hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) haciendo con que el agua queda pura." (Grupo 1).

[6] "Mediante el análisis de la reacción, se observa la formación de burbujas en los dos electrodos, sin embargo, el electrodo de plúmbico tiene una mayor intensidad. Las burbujas que se forman son de los gases  $\text{H}_2$  y  $\text{O}_2$  provenientes del agua, la reacción "redox"" (Grupo 2).

[7] "Aprendiz, al conectar la fuente de energía tú observarás los siguientes datos: 1) Formación de burbujas cercano del electrodo, debido la oxidación del hierro, al pasar de  $\text{Fe}^0$  a  $\text{Fe}^{2+}$  y la reducción que se produce es la reducción de agua (...), 2) se observa que el hidróxido ferroso  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  comienza a asentarse formando un color azul, insoluble en  $\text{H}_2\text{O}$ ." (Grupo 3).

[8] "Un de los electrodos de hierro (clip) se utilizó para fornecer los iones metálicos para la formación de hidróxido de hierro (II o III), poco soluble, que en sí tiene la capacidad de absorber el colorante en la solución. Además, las burbujas de gas producidas en el otro electrodo arrastran el precipitado de hidróxido de hierro y ayudan en la etapa de separación (electrocoagulación)" (Grupo 4).

Se observa que los estudiantes en estas citas muestran las relaciones causales entre la observación/el concepto/la explicación, que caracterizan la relación entre el nivel macroscópico/submicroscópico/simbólico. Estas incorporaciones requieren habilidades de alto orden, tales como la reflejar y analizar los fenómenos observados. Las explicaciones son referentes a los cambios fenomenológicos observados durante los experimentos como: el cambio de color, la liberación de burbujas, formación de precipitado, etc – que los estudiantes tuvieron que explicar al aprendiz en la resolución del caso. En [5], los estudiantes infieren correctamente el cambio de color debido a las alteraciones en el pH, ya que el indicador azul de timol simulaba el colorante como el contaminante del agua. En el extracto [6], los estudiantes explican la liberación de los gases producidos por la electrólisis del agua, mientras que en [7] y [8] se muestra la explicación de la formación del precipitado de hidróxido de hierro (III), ligeramente soluble en agua y que funciona absorbiendo el colorante por tratarse de un precipitado coloidal.

Es importante destacar que las explicaciones en las secciones anteriores se han acompañado de las ecuaciones químicas correspondientes (la simbología), que muestra lo que sucede con el aspecto submicroscópico. Así, los estudiantes trabajaron en los tres niveles de la química (macroscópico/submicroscópico/simbólico), o sea, pensaran en el nivel microscópico, llevaran a cabo un experimento en un nivel macroscópico y representaran los dos niveles con la simbología química adecuada (tercer nivel). Esta capacidad de navegar por los tres niveles es esencial para la comprensión de los conceptos químicos y necesariamente requiere la manifestación de las habilidades cognitivas de alto orden, tales como investigar, reflejar y pensar críticamente.

Otro punto a destacar fue la preocupación que los estudiantes tuvieron en contextualizar la técnica utilizada, ya que fue alertado de antemano la importancia de correlacionar los conocimientos científicos con sus usos y aplicaciones para la sociedad. Por lo tanto, hay que señalar que las habilidades de alto orden como investigar tornasen esencial para este tipo de enfoque. Los pasajes siguientes demuestran esta idea:

[9] "El tratamiento electrolítico se puede utilizar en cualquier fuente, o para desinfectar o para la transformación de las sustancias contaminantes. Asociado al tratamiento foto-químico, utilizando la radiación ultravioleta, el sistema electrolítico fue efectivo en la degradación del colorante que se encuentra en el agua descartadas por las industrias, tales como las textiles."(Grupo 3).

[10] "Durante el tratamiento se producen reacciones electroquímicas que pueden transformar las sustancias químicas que componen los contaminantes recalcitrantes. También puede permitir una reducción en la concentración iónica, que conduce a la muerte de los microorganismos para producir sustancias tales como desinfectantes, por ejemplo, el gas cloro. Los análisis basados en este método ofrece muchas ventajas a los procesos verdes, el cual es apreciado por la empresa con el propósito de desarrollar productos y procesos químicos, destinados a reducir o eliminar el uso de la generación de sustancias peligrosas"(Grupo 1).

En los dos tramos arriba son observadas las habilidades de conocer, recordar/acordarse y relacionar (clasificadas como de bajo orden), cuando los estudiantes describen el tratamiento electrolítico. En cierto modo es válido, porque los estudiantes están introduciendo el tema a ser discutido en el informe. No obstante, se observa la capacidad de investigación y de reflexión, sobre todo, cuando tienen relaciones con el medioambiente y con la preocupación que las empresas pueden tener en los procesos industriales. Ambos fragmentos demuestran habilidades cognitivas de alto orden, que señalan un buen proceso de aprendizaje.

Haciendo la alusión en las conclusiones para el aprendiz, y de acuerdo con los resultados experimentales obtenidos, solamente el fragmento [13] surge evidencias de desarrollo de habilidades cognitivas de alto orden, a pesar de todas las conclusiones surgieron después de una toma de decisión (que es una habilidad de alto orden). Los fragmentos se presentan a continuación:

[11] "Aprendiz, como se puede mirar, nuestro objetivo se logró, porque al final tuvimos un agua limpia, libre de colorantes, por lo tanto, se concluye que el método es eficaz, de fácil procedimiento y de bajo costo." (Grupo 2).

[12] "Aprendiz, así concluimos nuestro segundo análisis donde tanto en la primera como en la segunda el objetivo fue alcanzado, que era obtener agua libre de contaminantes, espero que hayas aprendido lo suficiente para ser capaz de realizar análisis más detallado solamente, pero si tienes dudas, es sólo seguir el guión de los materiales utilizados y los procedimientos indicados que son muy exitosos. ¡BUENA SUERTE!" (Grupo 3).

[13] "Es posible concluir que estos procedimientos son muy importantes porque a través de ellos fue posible purificar el agua, ya que han demostrado eficacia en experimentos de banco, lo que demuestra la importancia del agua limpia para su reutilización, en colaboración con el desempeño del sector y la preservación del medio ambiente" (Grupo 1).

En [13] surge una conclusión carreada en contextualización, pertinencia e importancia. Los estudiantes presentan la técnica electrolítica como una buena alternativa para la purificación del agua, explorando su eficacia como un medio de preservar el medioambiente y aumentar los rendimientos en el sector. Esto demuestra que los estudiantes fueron capaces de ver más allá de las líneas, desarrollando segundo Zoller (1993) el pensamiento crítico y juicios de valor.

Vale la pena mencionar también la preocupación que los estudiantes tuvieron en las actividades experimentales. Más que eso, es interesante que durante las actividades experimentales, los estudiantes se preocupen con los cambios ocurridos y con los datos recogidos, pues condeciente o no con la literatura, el proceso de aprendizaje se centra en la capacidad de búsqueda de informaciones y explicaciones de lo que ocurrió durante la actividad. Este espíritu se puede lograr mediante el uso de estudios de casos, por lo que es una herramienta prometedora en términos metodológicos

para la enseñanza/aprendizaje y para el desarrollo de habilidades cognitivas de alto orden.

### **Conclusiones**

Indudablemente el uso de estudios de casos en la enseñanza de la química puede contribuir enormemente al proceso de aprendizaje de los estudiantes de todos los niveles (primario, secundario y/o superior). Esta metodología puede abarcar cuestiones de diferentes naturalezas, como por ejemplo, las acciones socio-científicas y científicas desarrolladas por el Grupo de Investigación en Enseñanza de la Química del Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC) (Sá y Queiroz, 2009), los enfoques CTS humanísticos (Francisco, 2012) y las habilidades cognitivas descritas en este trabajo.

A partir del análisis de los informes presentados sobre el caso *Enseñando un aprendiz a hacer análisis...*, se puede sugerir que los estudiantes consiguieron mezclar las condiciones humanas y los valores personales, con los conceptos científicos relacionados en la actividad. La importancia dada en el tratamiento al aprendiz indica la idea de Freire (2011) que la educación debe ser un proceso humano. Los direccionamientos y cuidados con las explicaciones de los conceptos al aprendiz también refuerzan esas ideas. Tal vez esta no era la prioridad para los estudiantes, pero para la solución del caso, estas cuestiones deberían estar presentes en los informes. Además, las relaciones con las aplicaciones de la técnica demuestran el proceso de aprendizaje desarrollado durante la resolución del caso, sobre todo, cuando los estudiantes explicaron los conceptos involucrados.

Se observó también en las resoluciones del caso, que los estudiantes han desarrollado varias habilidades cognitivas diferentes. En ciertas situaciones las habilidades eran de bajo orden, como describir los procedimientos metodológicos y los materiales utilizados, recordar los conceptos relacionados y las técnicas electrolíticas empleadas y en algunas conclusiones, donde tomaran decisiones que no presentaban una reflexión profunda en los resultados.

Sin embargo, cuando explorados los conceptos químicos involucrados en el experimento por investigación, los estudiantes fueron capaces de desarrollar las habilidades cognitivas de alto orden, como por ejemplo, pensar críticamente, inferir y reflejar sobre los resultados, realizar conexiones contextualizadas, aplicar y evaluar diferentes situaciones. Sobre todo, los estudiantes fueron capaces de relacionar los tres ejes de la química (macroscópico/submicroscópico/simbólico) en la mayoría de las explicaciones, empleando relaciones causales y términos científicos ora apropiados ora inapropiados para construir un aprendizaje amplio, sólido y crítico.

También vale la pena mencionar que muchas de estas consideraciones fueron influenciadas por el enfoque de investigación experimental, debido a que los propios estudiantes fueron desarrollando habilidades específicas, como desdoblarse el procedimiento para el análisis, montar los aparatos, observar los cambios fenomenológicos, analizar los datos obtenidos, pesquisar informaciones necesarias para producir un reporte informativo,

describiendo y explicando los conceptos químicos destinados al aprendizaje de otra persona.

La atención en los detalles observados en la clase experimental y la preocupación para alertar a los aprendices muestra que la experimentación por investigación proporcionó un buen aprendizaje de los estudiantes. Incluso si este no fuera el objetivo principal, los estudiantes tendrían que aprender los conceptos para analizar los resultados y explicar los conceptos químicos para el aprendiz. Por lo tanto, se puede desprender, que hubo un aprendizaje de los estudiantes y que eso permitió la producción de los informes con un enfoque en las condiciones humanas para enseñar al nuevo aprendiz.

Por fin, vale sobresalir que los casos permitieron los estudiantes desarrollar la capacidad de tomas de decisión, esencial del punto de vista del abordaje CTS que lía para una sociedad más democrática. Esa capacidad es importante para cualquier aprendizaje y está íntimamente relacionada con la educación como un proceso humano, porque ayuda los estudiantes a obraren esa habilidad con más frecuencia en las decisiones de sus vidas.

### Referencias bibliográficas

Auler, D. (2002). *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências*. Tese de Doutorado em Educação – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Auler, D. y D. Delizoicov (2006). Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. *Las Relaciones CTS en la Educación Científica*, 1-7. En: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/conteudo/artigos\\_teses/quimica/educ\\_cts\\_delizo\\_auler.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/conteudo/artigos_teses/quimica/educ_cts_delizo_auler.pdf).

Chassot, A. (2000). *Alfabetização científica*. Ijuí: Editora Unijuí.

Francisco, W. (2012). Estudo de caso por meio de experimentação: uma atividade para o ensino de métodos eletrolíticos. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química y X Encontro de Educação Química da Bahia, Salvador. *Anais...*

Francisco, W. y W.E. Francisco Junior (2011). Leitura e experimentação com auxílio de recursos audiovisuais: reflexões sobre a manifestação de habilidades cognitivas e considerações para o ensino. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec) y I Congreso de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Campinas. *Anais...*

Freire, P. (2011). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Herreid, C.F. (1998). What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, 27, 3, 163-169.

Hofstein, A.P. y V. Lunetta (2003). The laboratory science education: Foundation for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 1, 28-54.

Pozo, J.I. (Org.) (1998). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed.

Pro, A. (1998). Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 1, 21-41.

Rivard, L.P. y S.B. Straw (2000). The effect of talking and writing on learning science: an exploratory study. *Science Education*, 84, 5, 566-593.

Rocha, M.L. (2006). Psicologia e as práticas institucionais: A pesquisa-intervenção em movimento. *PSICO*, 37, 2, 169-174.

Rocha, M.L. y K.F Aguiar (2003). Pesquisa-intervenção e a produção de novas análises. *Psicologia Ciência e Profissão*, 23, 4, 64-73.

Sá, L.P. (2010). *Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química*. 2010. 278f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Sá, L.P.; Francisco, C.A. y S.L. Queiroz (2007). Estudos de caso em química. *Química Nova*, 30, 3, 731-739, 2007.

Sá, L.P. y S.L. Queiroz (2009). *Estudo de caso no ensino de química*. Campinas: Atomo.

Santos, W.L.P. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, 12, 36, 474-550.

Santos, W.L.P. (2008). Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria*, 1, 1, 109-131.

Santos, W.L.P. y E.F. Mortimer (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 2, 133-162.

Silva, O.B.; Oliveira, J.R.S.; S.L. Queiroz (2011). SOS Mogi-Guaçu: Contribuições de um Estudo de Caso para a Educação Química no Nível Médio. *Química Nova na Escola*, 33, 3, 185-192.

Suart, R.C. y M.E.R. Marcondes (2009). A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, 14, 1, 50-74.

Zoller, U. (1983). The eclectic examination: a model for simultaneous formative evaluation of teacher-training programs and consequent student performance. *Studies in Educational Evaluation*, 9, 3, 353-360.

Zoller, U. (1987). The fostering of question-asking capability: A meaningful aspect of problem-solving in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64, 6, 510-512.

Zoller, U. (1990). Environmental education and the university: the "problem solving-decision making act" within a critical system-thinking framework. *Higher Education in Europe*, 15, 4, 5-14.

Zoller, U. (1993). Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 70, 3, 195-197.